



## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines extrudierten Fadens aus thermoplastischem Kunststoff in bevorzugterweise PA6, insbesondere eines Mähfadens, mit verdrehtem Profil. Ferner betrifft die vorliegende Erfindung eine Vorrichtung zur Herstellung eines extrudierten Fadens aus thermoplastischem Kunststoff in bevorzugterweise PA6, insbesondere eines Mähfadens, mit verdrehtem Profil, wobei die Vorrichtung ein Abzugssystem zum Abziehen des extrudierten Fadens von einer Extrudierdüse aufweist.

Mähfäden mit verdrehten Profilen, bei denen sich die Lage des Querschnitts über die Längsachse des Mähfadens kontinuierlich ändert sind beispielsweise aus der G 94 12 925 oder der US-A-4 186 239 bekannt. Derartige Fäden finden beispielsweise Verwendung in einem Freischneidegerät, bei dem der Mähfaden über einen Antriebsmotor in Rotation versetzt wird, wobei der Mähfaden an einem Drehteil mit einem Ende eingespannt ist, so daß sich der Mähfaden bei Rotation des Drehteils im wesentlichen radial nach außen erstreckt.

Zur Herstellung solcher Fäden ist es beispielsweise aus der EP-A1-0 438 745 bekannt, einen Extruder mit einer drehbaren Düse zu versehen. Dies ist jedoch aufgrund benötigter Abdichtung von gegeneinander drehenden Teilen aufwendig und führt nicht zu befriedigenden Ergebnissen.

Ferner wird in der DE-A1-40 20 800 und der EP-A1-0 292 572 vorgeschlagen, einen vorhandenen Kunststoff-Faden zu verdrehen und anschließend zu erhitzen, so daß die Verdrehung oder Verdrehung nach dem Abkühlen des Fadens erhalten bleibt. Hierzu ist es beispielsweise in der EP-A1-0 292 572 vorgesehen nach einer Extrudierdüse zusätzliche Formpreßrollen vorzusehen, die aufgrund ihrer relativen aber stationären Lage zueinander mittels einer Umlenkung eine Verdrehung des extrudierten Fadens bewirken. Nach den Formpreßrollen wird der Faden in einem Ofen einer Wärmebehandlung ausgesetzt.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung der obengenannten Art zur Verfügung zu stellen, so daß eine kontinuierliche Herstellung des Fadens möglich ist.

Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der obengenannten Art durch die in Patentanspruch 1 angegebenen Verfahrensschritte und bei einer Vorrichtung der obengenannten Art mit den in Patentanspruch 19 gekennzeichneten Merkmalen gelöst.

Ein wesentlicher Kern der Erfindung liegt in einer Verdrehung eines extrudierten Fadens durch ein rotierendes Abzugswerk, welches nach bzw. unter einer feststehenden Extrudierdüse angeordnet ist.

Dazu sind bei einem erfindungsgemäßen Verfahren folgende Schritte vorgesehen:

- (a) Extrudieren eines thermoplastischen Kunststoffes in bevorzugterweise PA6 durch eine Düse mit einem vorbestimmten Querschnitt zu einem Faden,
- (b) Abziehen des Fadens mittels eines Abzugssystems, und
- (c) Rotieren des Abzugssystems während Schritt (b) um die Längsachse des abgezogenen Fadens.

Dies hat den Vorteil einer einfachen und kostengünstigen Herstellung ohne zusätzliche thermische Nachbehandlungen, d. h. die Verdrehung wird praktisch gleichzeitig mit dem Extrudierprozeß hergestellt.

In bevorzugter Weise wird nach Schritt (c) der abgezogene Faden auf eine Spule aufgewickelt, die entweder am Abzugssystem selbst oder separat davon angeordnet ist.

Eine flexible Anpassung an unterschiedlichste Umgebungsbedingungen erzielt man dadurch, daß das Abzugssystem derart angeordnet ist, daß eine Längsachse des abgezogenen Fadens im Abzugssystem parallel oder in einem vorbestimmten Winkel zu einer Längsachse des aus der Düse austretenden extrudierten Fadens liegt.

Ein rationelles und schnelles Herstellungsverfahren erzielt man dadurch, daß das Abzugssystem in Schritt (c) gleichzeitig einen Zug auf den extrudierten Faden ausübt, so daß dieser verstreckt wird.

Dabei wird in besonders bevorzugter Weise in Schritt (c) der extrudierte Faden gleichzeitig abgekühlt.

Einflüsse der Schwerkraft auf das Verfahren berücksichtigt man in vorteilhafter Weise dadurch, daß Schritt (c) in Richtung einer Austrittsrichtung des extrudierten Fadens aus der Düse durchgeführt wird, wobei diese Richtung parallel zur Richtung der Schwerkraftwirkung oder in einem vorbestimmten Winkel dazu liegt. Insbesondere bei senkrechter Anordnung wird in vorteilhafter Weise neben der Abzugskraft die Schwerkraft zusätzlich genutzt.

In besonders vorteilhafter Weise wird Schritt (c) mit einem Führungsrohr durchgeführt und das Führungsrohr gekühlt. Dadurch kombiniert man in vorteilhafter Weise den Verdrehungsvorgang mit dem ohnehin notwendigen Abkühlvorgang und reduziert somit die Prozeßzeit für die Fadenherstellung. Weiterhin wird durch das Führungsrohr, dessen Innendurchmesser nicht wesentlich größer als der Außendurchmesser des Fadens ist, der Faden während der Abkühlungsphase in Längsrichtung stabilisiert.

Bei einer erfindungsgemäßen Vorrichtung ist es vorgesehen, daß das Abzugssystem um die Längsachse des abgezogenen Fadens rotiert. Dies hat den Vorteil einer schnellen und kontinuierlichen Herstellung ohne zusätzliche thermische Nachbehandlungen, d. h. die Verdrehung wird praktisch gleichzeitig mit dem Extrudierprozeß ausgebildet.

Unterschiedlichste Umgebungsparameter berücksichtigt man dadurch, daß das Abzugssystem derart angeordnet ist, daß eine Längsachse des abgezogenen Fadens im Abzugswerk parallel oder in einem vorbestimmten Winkel zu einer Längsachse des aus der Düse austretenden extrudierten Fadens liegt.

Die zusätzliche Verstreckung und gleichzeitige Verdrehung, mit dem Effekt der Festigkeitssteigerung des Fadens, durch die Orientierung der Makromoleküle realisiert man dadurch, daß das Abzugssystem schneller fördert als extrudiertes Material aus der Extrudierdüse austritt.

Den Einfluß der Schwerkraft berücksichtigt man dadurch, daß das Abzugssystem in Richtung einer Austrittsrichtung des Fadens aus der Extrudierdüse angeordnet ist, wobei diese Richtung parallel zur Richtung der Schwerkraftwirkung oder in einem vorbestimmten Winkel dazu liegt.

In besonders vorteilhafter Weise weist das Abzugssystem ein Führungsrohr auf, in dem der abgezogene Faden geführt ist. Dabei ist besonders bevorzugt das Führungsrohr gekühlt, insbesondere mit einer Wasserkühlung versehen. Dies ermöglicht gleichzeitig mit dem Verdrehen die Ausführung einer Abkühlung, so daß die Prozeßzeit zur Herstellung des Fadens verkürzt ist.

Eine besonders einfache und kostengünstige Anordnung der Vorrichtung erzielt man dadurch, daß in Transportrichtung gesehen an einem zweiten Ende des Führungsrohres eine Abzugseinheit mit regelbaren motorbetriebenen Transportbändern vorgesehen ist. Dabei ist in vorteilhafter Weise das zweite Ende des Führungsrohres mit einer Dichtung versehen. Ferner ist die Abzugseinheit mit einem Wasserbad verbunden und in Transportrichtung gesehen an einem ersten Ende des Führungsrohres ein Trichter angeordnet.

Eine einfache und kostengünstige Realisation der Dre-

hung des Abzugssystems erzielt man dadurch, daß ein Motor über einen Riemen auf einer Riemenscheibe, welche drehfest mit dem Abzugssystem verbunden ist, das Abzugssystem um die Längsachse des Fadens bzw. des Führungsrohres dreht.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

Nachstehend wird die Erfindung anhand von Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen,

Fig. 1 eine Seitenansicht einer bevorzugten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Abzugssystems, und

Fig. 2 eine Schnittansicht in Richtung der Linie A-A von Fig. 1.

Fig. 1 zeigt eine Seitenansicht einer erfindungsgemäßen Vorrichtung mit einem Abzugssystem 100. Eine Extrudierdüse, welche sich oberhalb der Fig. 1 befinden würde, ist aus Übersichtlichkeitsgründen nicht dargestellt. Aus dieser Extrudierdüse kommt der extrudierte Faden 10 in ein rundes, rotierendes Wasserbad 32. Ein Trichter 14 an einem ersten Ende 36 eines Führungsrohres 16 sorgt für eine störungsfreie Einführung des extrudierten Fadens in das Führungsrohr 16. In dem Rohr 16 wird der Faden 10 stabilisiert geführt und Wärme vom Faden 10 abgeleitet.

In der dargestellten Ausführungsform ist das Führungsrohr 16 von einer Wasserkühlung 20 umgeben. An einem zweiten Ende 38 des Führungsrohres ist eine Dichtung 18 und daran anschließend eine Abzugseinheit 22 angeordnet.

Die Abzugseinheit 22 umfaßt motorbetriebene Transportbänder. Die Abzugseinheit 22 zieht den Faden 10 durch das Führungsrohr 16. Nach der Abzugseinheit 22 wird der Faden direkt aufgespult, der Faden ist an dieser Stelle bereits abgekühlt.

Das Abzugssystem 100 von rundem Wasserbad 32 bis Abzugseinheit 22 ist drehbar um eine Achse entlang des extrudierten Fadens 10 ausgebildet, in einer Auflage 26 gehalten und drehfest mit einer Riemenscheibe 12 verbunden.

Wie sich aus Fig. 2 ergibt, versetzt ein Motor 28 über einen Riemen 30 die Riemenscheibe 12 und damit das Abzugssystem 100 in eine Drehbewegung relativ zur feststehenden Extrudierdüse. Da sich der in dem Abzugssystem 100 befindliche Faden 10 nicht in der Abzugseinheit 22 und dem Führungsrohr 16 drehen kann, da er zwischen den Transportbändern drehfest fixiert ist, erfolgt oberhalb des Abzugssystems eine Verdrillung der Kunststoffschmelze des Fadens 10 hinter der Extrudierdüse (nicht dargestellt) um seine Längsachse, wenn der Motor 28 das Abzugssystem 100 dreht.

Gleichzeitig erfolgt in dem Führungsrohr durch die Wasserkühlung 20 ein Abkühlprozeß, so daß der verdrillte Faden 10 nach dem Durchlaufen des Abzugssystems 100 fertiggestellt ist. Der Faden 10 verläßt das Abzugssystem 100 in Pfeilrichtung 34.

Der tordierte Faden kann anschließend nach dem Austritt aus dem Abzugssystem 100 von einer Spule (nicht dargestellt) aufgewickelt werden, wobei sich die Spule entweder direkt an der Abzugseinheit 22 befindet oder separat hinter der Anlage steht.

Die Tordierung und Verstreckung des Fadens 10 erfolgt während der Abkühlungsphase, d. h. hinter der Extrudierdüse an dem Punkt, wo der Faden seinen Querschnitt aufweist.

In der vorliegenden Ausführungsform ist das Abzugssystem 100 in Richtung der Austrittsrichtung des Fadens aus der Extrudierdüse angeordnet. Die Richtung entspricht Pfeilrichtung 34 und weist in der Fig. 1 nach unten in Richtung der Schwerkraftwirkung.

Die Ausmaße der Extrudierdüse betragen in vorteilhafter Weise  $2 \times 2$  mm bis  $3 \times 3$  mm und bevorzugt  $2,5 \times 2,5$  mm

bis  $2,7 \times 2,7$  mm. Die Länge der Extrudierdüse beträgt vorzugsweise mindestens 30 mm, um eine ausreichende Orientierung der Schmelze zu gewährleisten.

Im Schritt (a) des Verfahrens wird bei einer einsträngigen Förderung in vorteilhafter Weise ein Extruder mit einem Durchsatz von ca. 2,5 g/min betrieben. Diese Fördermenge kann jedoch auch angehoben werden, wodurch dann die Temperaturen im Extruder und/oder in der Düse gesenkt werden müssen.

Um beispielsweise einen Faden mit  $2 \times 2$  mm Querschnitt zu erhalten, der verdrillt einen Durchmesser von 2,4 mm aufweist, wird in vorteilhafter Weise aus einer Düse mit  $3 \times 3$  mm extrudiert und der Faden dann während der Abkühlung auf den gewünschten Durchmesser gestreckt. Die Geschwindigkeit des Abzugswerkes beträgt in diesem Fall das 2,25-fache der Austrittsgeschwindigkeit der Schmelze aus der Düsen. Mit anderen Parametern (Düsenquerschnitt und Abzugsgeschwindigkeit) können gleichwertige Ergebnisse erzielt werden.

#### Bezugszeichenliste

100	Abzugssystem
10	extrudierter Faden
12	Riemenscheibe
14	Trichter
16	Führungsrohr
18	Dichtung
20	Wasserkühlung
22	Abzugseinheit
24	Transportbänder
26	Auflage
28	Motor
30	Riemen
32	rundes Wasserbad rotierend
34	Pfeil
36	erstes Ende des Führungsrohres
38	zweites Ende des Führungsrohres

#### Patentansprüche

- Verfahren zur Herstellung eines extrudierten Fadens aus thermoplastischem Kunststoff in bevorzugter Weise PA6, insbesondere eines Mähfadens, mit verdrilltem Profil **gekennzeichnet durch** folgende Schritte,
  - Extrudieren eines thermoplastischen Kunststoffes in bevorzugter Weise PA6 durch eine Düse mit einem vorbestimmten Querschnitt zu einem Faden,
  - Abziehen des Fadens mittels eines Abzugssystems, und
  - Rotieren des Abzugssystems während Schritt (b) um die Längsachse des abgezogenen Fadens.
- Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß nach Schritt (c) der abgezogene Faden auf eine Spule aufgewickelt wird, die entweder am Abzugssystem selbst oder separat davon angeordnet ist.
- Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Abzugssystem derart angeordnet ist, daß eine Längsachse des abgezogenen Fadens im Abzugssystem parallel oder in einem vorbestimmten Winkel zu einer Längsachse des aus der Düse austretenden extrudierten Fadens liegt.
- Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Abzugssystem in Schritt (c) gleichzeitig einen Zug auf den extrudierten Faden ausübt, so daß dieser verstreckt wird.
- Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1

bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß in Schritt (c) der extrudierte Faden gleichzeitig abgekühlt wird.

6. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß Schritt (c) in Richtung einer Austrittsrichtung des extrudierten Fadens aus der Düse durchgeführt wird, wobei diese Richtung parallel zur Richtung der Schwerkraftwirkung oder in einem vorbestimmten Winkel dazu liegt.

7. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß Schritt (c) mit einem Führungsrohr durchgeführt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Führungsrohr eine Länge von ca. 200 mm oder mehr aufweist.

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Führungsrohr gekühlt wird.

10. Verfahren nach wenigstens einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Düse Ausmaße von  $2 \times 2$  mm bis  $3 \times 3$  mm, vorzugsweise von  $2,5 \times 2,5$  mm bis  $2,7 \times 2,7$  mm aufweist.

11. Verfahren nach wenigstens einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Düse eine Länge von ca. 30 mm oder mehr aufweist.

12. Verfahren nach wenigstens einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in Schritt (a) in einem Extruder mit drei Heizzonen in einer ersten Zone eine Temperatur von 240 Grad Celsius oder weniger herrscht.

13. Verfahren nach wenigstens einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in Schritt (a) in einem Extruder mit drei Heizzonen in einer zweiten Zone eine Temperatur von 230 Grad Celsius oder weniger herrscht.

14. Verfahren nach wenigstens einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in Schritt (a) in einem Extruder mit drei Heizzonen in einer dritten Zone eine Temperatur von 225 Grad Celsius oder weniger herrscht.

15. Verfahren nach wenigstens einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in Schritt (a) in der Düse eine Temperatur von 220 Grad Celsius oder weniger herrscht.

16. Verfahren nach wenigstens einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in Schritt (a) in der Düse eine Schmelzetemperatur von 225 bis 230 Grad Celsius herrscht.

17. Verfahren nach wenigstens einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in Schritt (a) ein Extruder bei einer einsträngigen Förderung mit einem Durchsatz von ca. 2,5 g/min oder mehr betrieben wird.

18. Verfahren nach wenigstens einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Faden senkrecht direkt in das Abzugswerk geleitet wird.

19. Verfahren nach wenigstens einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in Schritt (b) eine Abzugsgeschwindigkeit des Abzugssystems um das 1,5-fache bis 3-fache, insbesondere um das 1,5-fache bis 2-fache höher ist als eine Austrittsgeschwindigkeit der Schmelze aus der Düse, wobei dieser Faktor vorzugsweise 2,25 beträgt.

20. Vorrichtung zur Herstellung eines extrudierten Fadens (10) aus thermoplastischem Kunststoff in bevorzugterweise PA6, insbesondere eines Mähfadens, mit verdrehtem Profil, wobei die Vorrichtung ein Abzugssystem (100) zum Abziehen des extrudierten Fadens (10) von einer Extrudierdüse aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß das Abzugssystem (100) um die

Längsachse des abgezogenen Fadens (10) rotiert.

21. Vorrichtung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß das Abzugssystem (100) derart angeordnet ist, daß eine Längsachse des abgezogenen Fadens (10) im Abzugssystem (100) parallel oder in einem vorbestimmten Winkel zu einer Längsachse des aus der Düse austretenden extrudierten Fadens (10) liegt.

22. Vorrichtung nach Anspruch 20 oder 21, dadurch gekennzeichnet, daß das Abzugssystem (100) schneller fördert als extrudiertes Material aus der Extrudierdüse austritt, so daß eine Verstreckung des extrudierten Fadens (10) erfolgt.

23. Vorrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 20 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß das Abzugssystem (100) in Richtung einer Austrittsrichtung des Fadens (10) aus der Extrudierdüse angeordnet ist, wobei diese Richtung parallel zur Richtung der Schwerkraftwirkung oder in einem vorbestimmten Winkel dazu liegt.

24. Vorrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 20 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß das Abzugssystem (100) ein Führungsrohr (16) aufweist, in dem der abgezogene Faden (10) geführt ist.

25. Vorrichtung nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß das Führungsrohr (16) eine Länge von ca. 200 mm oder mehr aufweist.

26. Vorrichtung nach Anspruch 24 oder 25, dadurch gekennzeichnet, daß das Führungsrohr (16) gekühlt, insbesondere mit einer Wasserkühlung (20) versehen ist.

27. Vorrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 20 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß in Transportrichtung gesehen an einem zweiten Ende (38) des Führungsrohres (16) eine Abzugseinheit (22) mit motorbetriebenen Transportbändern (24) vorgesehen ist.

28. Vorrichtung nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, daß das zweite Ende (38) des Führungsrohres (16) mit einer Dichtung (18) versehen ist.

29. Vorrichtung nach Anspruch 27 oder 28, dadurch gekennzeichnet, daß die Abzugseinheit (22) mit einem davorliegenden Wasserbad (20) verbunden ist.

30. Vorrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 20 bis 29, dadurch gekennzeichnet, daß in Transportrichtung gesehen an einem ersten Ende (36) des Führungsrohres (16) ein Trichter (14) angeordnet ist.

31. Vorrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 20 bis 30, dadurch gekennzeichnet, daß ein Motor (28) über einen Riemen (30) auf einer Riemenscheibe (12), welche drehfest mit dem Abzugssystem (100) verbunden ist, das Abzugssystem (100) dreht.

32. Vorrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 20 bis 31, dadurch gekennzeichnet, daß die Scharfkantigkeit des 4-Kant-Profiles eingehalten wird.

33. Vorrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 20 bis 32, dadurch gekennzeichnet, daß die Extrudierdüse Ausmaße von  $2 \times 2$  mm bis  $3 \times 3$  mm, vorzugsweise von  $2,5 \times 2,5$  mm bis  $2,7 \times 2,7$  mm aufweist.

34. Vorrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 20 bis 33, dadurch gekennzeichnet, daß die Düse eine Länge von ca. 30 mm oder mehr aufweist.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

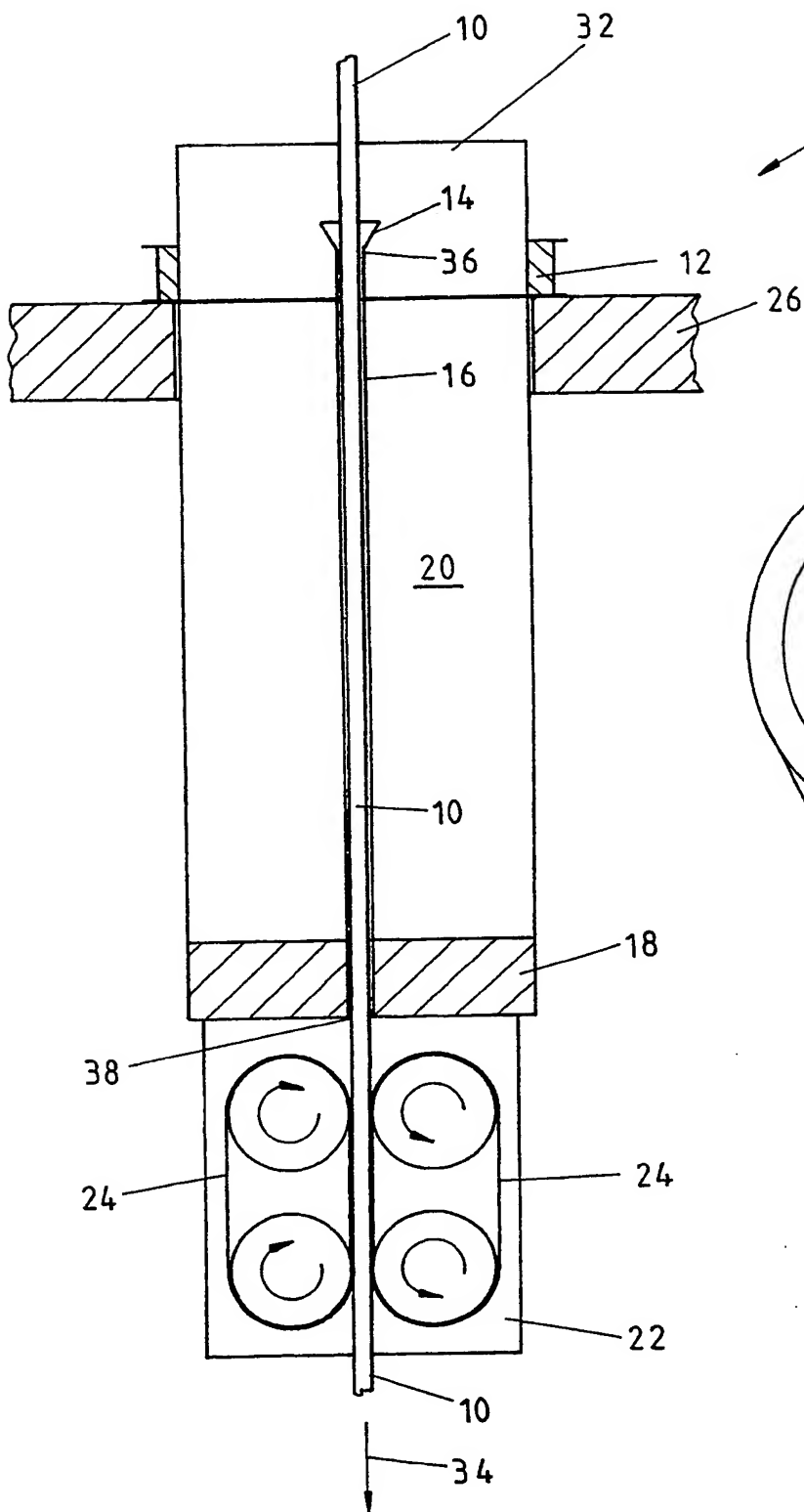


Fig. 1

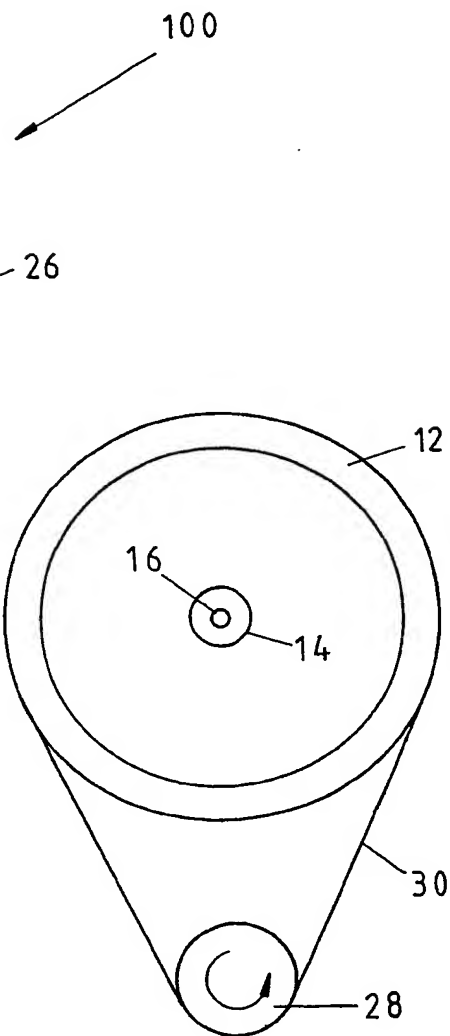


Fig. 2